

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2000249057  
PUBLICATION DATE : 12-09-00

APPLICATION DATE : 26-02-99  
APPLICATION NUMBER : 11049822

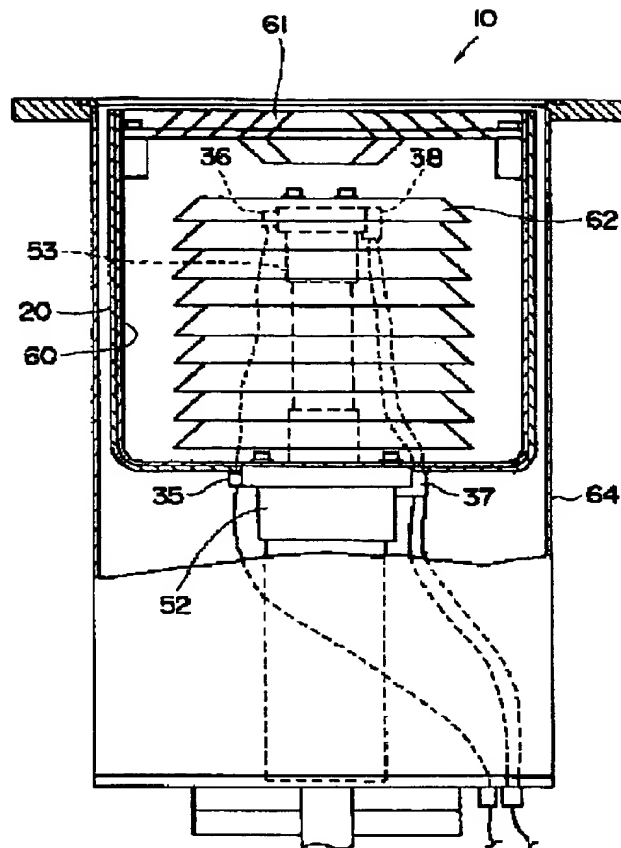
APPLICANT : SUZUKI SHOKAN:KK;

INVENTOR : IINO TATSUYA;

INT.CL. : F04B 37/08 F04B 37/16

TITLE : METHOD AND DEVICE FOR  
EVALUATING CRYOPUMP

BEST AVAILABLE COPY



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for rapidly and reliably evaluating a cryopump.

SOLUTION: The actual measurement temperature of each of cooling parts 52 and 53 for the input heat load of each of heaters 37 and 38 is compared with a reference temperature for an input heat load when a cryopump is in an excellent performance state (a state having original performance) to evaluate a cryopump 10. Thus, the evaluating device does not need to evacuate a device or the like, on which the cryopump 10 is mounted, and remarkably reduces a time required for evaluation. Further, evaluation is practicable by a parameter related only to the cryopump 10, the cryopump 10 is purely evaluated and as a result, authenticity of an evaluation result is improved, and a need for conventional re-evaluation is eliminated. This constitution rapidly and reliably evaluates the cryopump 10.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-249057

(P2000-249057A)

(43) 公開日 平成12年9月12日 (2000.9.12)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F 0 4 B 37/08  
37/16

識別記号

F I

F 0 4 B 37/08  
37/16

ターミナル\* (参考)

3 H 0 7 6

A

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-49822

(22) 出願日 平成11年2月26日 (1999.2.26)

(71) 出願人 000153986

株式会社鈴木商館

東京都千代田区麹町3-1

(72) 発明者 齋崎 有

東京都板橋区舟渡1丁目12番11号 株式会  
社鈴木商館内

(72) 発明者 飯野 達也

東京都板橋区舟渡1丁目12番11号 株式会  
社鈴木商館内

(74) 代理人 100079083

弁理士 木下 實三 (外1名)

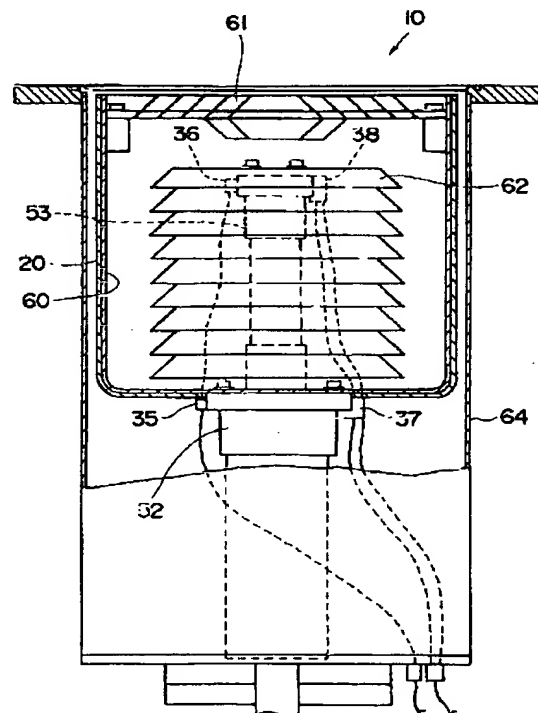
Fターム(参考) 3H076 AA27 BB45 BB50 CC51 CC54  
CC81 CC98 CC99

(54) 【発明の名称】 クライオポンプの評価方法および評価装置

(57) 【要約】

【課題】 クライオポンプを迅速、かつ確実に評価できる評価方法の提供。

【解決手段】 各ヒータ37, 38の入力熱負荷に対する各冷却部52, 53の実際の測定温度と、良好な性能状態(本来の性能を有している状態)にある時の前記入力熱負荷に対する基準温度とを比較してクライオポンプ10を評価する。従って、クライオポンプ10が設置される装置等を真空にする必要がなく、評価に要する時間を格段に短縮できる。また、クライオポンプ10のみに係るパラメータで評価できるので、純粹にクライオポンプ10を評価でき、よって評価結果の信憑性を向上させることができる。以上により、クライオポンプ10を迅速、かつ確実に評価できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1段および第2段のクライオパネル面と、これらの第1段および第2段のクライオパネル面を冷却する第1段および第2段の冷却部とを備えるクライオポンプの評価方法であって、

前記第1段の冷却部に、第1の加熱装置および第1の温度センサを設け、

前記第2段の冷却部に、第2の加熱装置および第2の温度センサを設け、

前記第1段および第2段の冷却部の前記各加熱装置の入力熱負荷に対する温度を前記各温度センサで測定し、その実際の測定温度と、前記各加熱装置の入力熱負荷に対する前記各冷却部の既知の基準温度との比較に基づいて前記クライオポンプの性能を評価することを特徴とするクライオポンプの評価方法。

【請求項2】 請求項1に記載のクライオポンプの評価方法において、前記各加熱装置の入力熱負荷を無負荷に設定した状態での前記測定温度と前記基準温度との比較を行うことを特徴とするクライオポンプの評価方法。

【請求項3】 請求項1に記載のクライオポンプの評価方法において、前記各加熱装置の入力熱負荷を複数段階に設定した状態での前記測定温度と前記基準温度との比較を行うことを特徴とするクライオポンプの評価方法。

【請求項4】 第1段および第2段のクライオパネル面と、これらの第1段および第2段のクライオパネル面を冷却する第1段および第2段の冷却部とを備えるクライオポンプの評価方法であって、

前記第1段の冷却部に、第1の加熱装置および第1の温度センサを設け、

前記第2段の冷却部に、第2の加熱装置および第2の温度センサを設け、

前記各温度センサで測定される前記第1段および第2段の冷却部の温度を一定に制御し、その際の前記各加熱装置の実際の入力熱負荷と、前記各冷却部を前記一定温度にするための前記各加熱装置の既知の基準熱負荷との比較に基づいて前記クライオポンプの性能を評価することを特徴とするクライオポンプの評価方法。

【請求項5】 請求項1～4のいずれかに記載のクライオポンプの評価方法において、前記クライオポンプの実運転中を利用して前記測定温度と前記基準温度との比較または前記入力熱負荷と基準熱負荷との比較を行うことを特徴とするクライオポンプの評価方法。

【請求項6】 請求項1～4のいずれかに記載のクライオポンプの評価方法において、前記クライオポンプの評価運転中に前記測定温度と前記基準温度との比較または前記入力熱負荷と基準熱負荷との比較を行うことを特徴とするクライオポンプの評価方法。

【請求項7】 請求項1～6のいずれかに記載のクライオポンプの評価方法において、前記測定温度と基準温度との比較または前記入力熱負荷と基準熱負荷との比較を

一定周期で行ってその評価データを蓄積し、この評価データの時間経過に伴う傾向性から、前記クライオポンプのメンテナンス時期を予測することを特徴とするクライオポンプの評価方法。

【請求項8】 請求項1～7のいずれかに記載のクライオポンプの評価方法において、前記測定温度と基準温度との比較または前記入力熱負荷と基準熱負荷との比較を一定周期で行ってその評価データを蓄積し、前記比較の結果、前記クライオポンプが異常状態にあると判断された場合には、判断された時点までの前記評価データの履歴に基づき前記異常状態が突発的なものか、あるいはメンテナンスの必要性を意味するものかを予測することを特徴とするクライオポンプの評価方法。

【請求項9】 請求項1～8のいずれかに記載のクライオポンプの評価方法において、前記クライオポンプを複数台設置するとともに、各クライオポンプの前記評価データを集中管理し、通信手段により当該集中管理元と前記各クライオポンプの設置先との間で前記評価データをやり取りすることを特徴とするクライオポンプの評価方法。

【請求項10】 第1段および第2段のクライオパネル面と、これらの第1段および第2段のクライオパネル面を冷却する第1段および第2段の冷却部とを備えるクライオポンプの評価装置であって、前記第1段および第2段の冷却部にそれぞれ設けられた第1および第2の加熱装置と、前記第1段および第2段の冷却部にそれぞれ設けられた第1および第2の温度センサと、前記第1段および第2段の冷却部の前記各加熱装置の入力熱負荷に対する温度を前記各温度センサで測定し、その実際の測定温度と、前記各加熱装置の入力熱負荷に対する前記各冷却部の既知の基準温度との比較に基づいて前記クライオポンプの性能を評価する評価手段と、を備えることを特徴とするクライオポンプの評価装置。

【請求項11】 第1段および第2段のクライオパネル面と、これらの第1段および第2段のクライオパネル面を冷却する第1段および第2段の冷却部とを備えるクライオポンプの評価装置であって、前記第1段および第2段の冷却部にそれぞれ設けられた第1および第2の加熱装置と、前記第1段および第2段の冷却部にそれぞれ設けられた第1および第2の温度センサと、前記各温度センサで測定される前記第1段および第2段の冷却部の温度を一定に制御し、その際の前記各加熱装置の実際の入力熱負荷と、前記各冷却部を前記一定温度にするための前記各加熱装置の既知の基準熱負荷との比較に基づいて前記クライオポンプの性能を評価する評価手段と、を備えることを特徴とするクライオポンプの評価装置。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、クライオポンプの評価方法および評価装置に関する。

## 【0002】

【背景技術】従来より、G-Mサイクル冷凍機や、スターリングサイクル冷凍機、変形ソルベイサイクル冷凍機、およびパルス管式冷凍機等の極低温冷凍機を利用したクライオポンプが知られている。このようなクライオポンプとして、特開平1-305173号公報に記載されたものが知られている。

【0003】この従来のクライオポンプでは、長期の運転によって性能が低下することがあるため、1万時間程度の運転毎に定期メンテナンスを行っている。定期メンテナンス時には、メンテナンス作業の前あるいは終了後に、クライオポンプが設置されている例えばスパッタリング装置内を該クライオポンプで真空にし、その真空度を測定（目標とする真空度が得られるか否かを確認）することでクライオポンプの性能を評価し、この評価結果に基づいて適切な処置を施したり、あるいはメンテナンス作業終了後の性能確認を行っている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、定期メンテナンスにおいては、クライオポンプ自身の他、スパッタリング装置内を実際に真空にする必要があるため、そのために長時間を要し、クライオポンプの評価、ひいてはメンテナンスに手間がかかるという問題がある。

【0005】また、従来の評価方法では、スパッタリング装置内が目標とする真空度に達しない場合、その原因が本当にクライオポンプ側にあるのか、あるいはスパッタリング装置側にあるのかを見極める必要がある。つまり、スパッタリング装置側にも異常があった時には、クライオポンプを純粋に評価したことにはならないため、装置側を修繕した後に再評価を行わなければならない、この点からも手間がかかるという問題がある。

【0006】本発明の一つの目的は、クライオポンプを迅速、かつ確実に評価できる評価方法および評価装置を提供することにある。

【0007】ところで、クライオポンプのなかには、その個性の違いから、メーカー側が保証する運転時間（例えば前述した1万時間）を超えて正常に運転できるものがある。従って、このようなクライオポンプについても、他のクライオポンプと同じようなサイクルで定期メンテナンスを行ったのでは、過剰メンテナンスになってしまう、メンテナンス費用がかさむ原因となる。

【0008】しかし、一方で、そのような長時間運転可能なクライオポンプにおいて、メンテナンス時期を安易に延ばしたのでは、突然運転不良になるなどの故障にすることがあり、クライオポンプ自身の他、クライアント側、およびメーカー側にとってもよくない状況に陥るといえる問題がある。

【0009】本発明のもう一つの目的は、前述の目的に加え、メンテナンス時期を的確に予測でき、従来のような定期メンテナンスに依らずにメンテナンスできるクライオポンプの評価方法を提供することにある。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、第1段および第2段のクライオパネル面と、これらの第1段および第2段のクライオパネル面を冷却する第1段および第2段の冷却部とを備えるクライオポンプの評価方法であって、前記第1段の冷却部に、第1の加熱装置および第1の温度センサを設け、前記第2段の冷却部に、第2の加熱装置および第2の温度センサを設け、前記第1段および第2段の冷却部の前記各加熱装置の入力熱負荷に対する温度を前記各温度センサで測定し、その実際の測定温度と、前記各加熱装置の入力熱負荷に対する前記各冷却部の既知の基準温度との比較に基づいて前記クライオポンプの性能を評価することとを特徴とする。

【0011】このような本発明によれば、評価対象であるクライオポンプについて、各加熱装置の入力熱負荷に対する各冷却部の測定温度と、良好な性能状態（本来の性能を有している状態）にある時の前記加熱装置の入力熱負荷に対する基準温度とを比較するだけでよいから、クライオポンプが設置される装置を真空にする必要がなく、評価に要する時間が格段に短縮される。また、クライオポンプのみに係るパラメータで評価されるので、純粋にクライオポンプが評価されることになり、よって評価結果の信憑性が向上するうえ、従来のような再評価が不要になる。以上により、クライオポンプを迅速、かつ確実に評価でき、前記目的が達成される。

【0012】この際、前記各加熱装置の入力熱負荷を無負荷にした状態で、前記測定温度と前記基準温度との比較を行ってもよい。このような場合には、入力熱負荷を無負荷にすることで加熱装置の制御が容易になるから、各冷却部の温度がより安定し、測定温度のばらつきが減少する。

【0013】また、これとは逆に、前記各加熱装置の入力熱負荷を複数段階に設定した状態で、前記測定温度と前記基準温度との比較を行ってもよい。このような場合には、測定温度と基準温度とがより幅広い温度範囲にわたって比較されるから、実運転に近い用いられ方の評価が可能である。

【0014】また、本発明のクライオポンプの他の評価方法は、第1段および第2段のクライオパネル面と、これらの第1段および第2段のクライオパネル面を冷却する第1段および第2段の冷却部とを備えるクライオポンプの評価方法であって、前記第1段の冷却部に、第1の加熱装置および第1の温度センサを設け、前記第2段の冷却部に、第2の加熱装置および第2の温度センサを設け、前記各温度センサで測定される前記第1段および第2段の冷却部の温度を一定に制御し、その際の前記各加

熱装置の実際の入力熱負荷と、前記各冷却部を前記一定温度にするための前記各加熱装置の既知の基準熱負荷との比較に基づいて前記クライオポンプの性能を評価することを特徴とするものである。

【0015】前述までの評価方法に対して本評価方法は、各冷却部の温度を所定温度に一定に制御し、その際の各加熱装置の実際の入力熱負荷と、同様な温度条件にある良好な性能状態のクライオポンプでの各加熱装置の基準熱負荷とを比較するものであり、やはり、前述の評価方法と同じように、クライオポンプが設置される装置を真空にする必要がなく、評価に要する時間が格段に短縮される。また、クライオポンプのみに係るパラメータで評価されるので、純粹にクライオポンプが評価されることになり、よって評価結果の信憑性が向上するうえ、従来のような再評価が不要になる。

【0016】以上において、前記クライオポンプの実運転中を利用して前記測定温度と前記基準温度との比較または前記入力熱負荷と基準熱負荷との比較を行ってもよい。クライオポンプの実運転中には、各加熱装置を無負荷状態にするときもあれば、前記複数段階に設定した入力熱負荷と同じ熱負荷を入力することもある。つまり、実運転中において、それらの入力熱負荷が発生した時を温度測定の時とすれば、評価のための評価運転をわざわざ行う必要がなく、評価を効率よく行える。また、クライオポンプの実運転中には、各冷却部の温度を一定に制御することも考えられる。つまり、実運転中において、温度が一定に制御されている時を加熱装置の入力熱負荷検出の時とすれば、前記他の評価方法についても、やはり、特別な評価運転が不要になる。

【0017】これに対して、前記クライオポンプの評価運転中に前記測定温度と前記基準温度との比較または前記入力熱負荷と基準熱負荷との比較を行ってもよい。実運転と分けて評価運転を行うことは、クライオポンプが特に製造物の流れ生産ライン中に設置されている場合などに有効である。すなわち、温度測定中または入力熱負荷検出中に生産ラインが不意に停止するなどの心配がないため、クライオポンプの評価が生産ラインの稼働状況に左右されずに確実に行われる。

【0018】さらに、以上説明した評価方法においては、前記測定温度と基準温度との比較または前記入力熱負荷と基準熱負荷との比較を一定周期で行ってその評価データを蓄積し、この評価データの時間経過に伴う傾向性から、前記クライオポンプのメンテナンス時期を予測することが望ましい。すなわち、蓄積される評価データの時間経過に伴う傾向性を見ることにより、クライオポンプの性能がいずれの時期に実運転に支障を来すに至るかを把握でき、メンテナンスの時期を的確に予測可能である。このことにより、前記もう一つの目的が達成される。

【0019】また、本発明の評価方法では、前記測定温

度と基準温度との比較または前入力熱負荷と基準熱負荷との比較を一定周期で行ってその評価データを蓄積し、前記比較の結果、前記クライオポンプが異常状態にあると判断された場合には、判断された時点までの前記評価データの履歴に基づき前記異常状態が突発的なものか、あるいはメンテナンスの必要性を意味するものかを予測することが望ましい。このような場合には、クライオポンプの異常状態が如何なる理由に起因するものかが確実に予測されるので、異常状態を解除するための手だてを早急かつ的確に講じることができる。

【0020】そして、本発明の評価方法では、前記クライオポンプを複数台設置するとともに、各クライオポンプの前記評価データを集中管理し、通信手段により当該集中管理元と前記各クライオポンプの設置先との間で評価データをやり取りすることが望ましい。このような場合には、評価データの集中管理により、例えば部署内、工場内、あるいは会社内に設置されたクライオポンプが全て効率よく管理されるうえ、さらには、ディーラー（メーカー）とクライアントとの間をオンライン等で結び、評価データを双方で共有することにより、異常時の迅速な対応を実現できる。

【0021】一方、本発明のクライオポンプの評価装置は、以上説明した評価方法を実施するための装置であって、具体的には、第1段および第2段のクライオパネル面と、これらの第1段および第2段のクライオパネル面を冷却する第1段および第2段の冷却部とを備えるクライオポンプの評価装置であって、前記第1段および第2段の冷却部にそれぞれ設けられた第1および第2の加熱装置と、前記第1段および第2段の冷却部にそれぞれ設けられた第1および第2の温度センサと、前記第1段および第2段の冷却部の前記各加熱装置の入力熱負荷に対する温度を前記各温度センサで測定し、その実際の測定温度と、前記各加熱装置の入力熱負荷に対する前記各冷却部の既知の基準温度との比較に基づいて前記クライオポンプの性能を評価する評価手段とを備えることを特徴とするものである。このようなクライオポンプの評価装置により、前記評価方法の特に測定温度と基準温度との比較に基づく評価方法を実現でき、前述した本発明の目的を達成できる。

【0022】また、本発明の別の評価装置は、第1段および第2段のクライオパネル面と、これらの第1段および第2段のクライオパネル面を冷却する第1段および第2段の冷却部とを備えるクライオポンプの評価装置であって、前記第1段および第2段の冷却部にそれぞれ設けられた第1および第2の加熱装置と、前記第1段および第2段の冷却部にそれぞれ設けられた第1および第2の温度センサと、前記各温度センサで測定される前記第1段および第2段の冷却部の温度を一定に制御し、その際の前記各加熱装置の実際の入力熱負荷と、前記各冷却部を前記一定温度にするための前記各加熱装置の既知の基

準熱負荷との比較に基づいて前記クライオポンプの性能を評価する評価手段とを備えることを特徴とするものである。このようなクライオポンプの評価装置により、前記評価方法の特に入力熱負荷と基準熱負荷との比較に基づく評価方法を実現でき、前述した本発明の目的を達成できる。

### 【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の各実施の形態を図面に基づいて説明する。

〔第1実施形態〕図1は、第1実施形態に係る評価方法の対象となるクライオポンプ10の運転制御装置30の概略構成図が示されている。運転制御装置30は、クライオポンプ10およびコンプレッサ20の運転を制御するものであり、そのまま本発明の評価装置を兼ねている。本実施形態では、6台のクライオポンプ10と、2台のコンプレッサ（ガス供給装置）20とが設けられており、1台のコンプレッサ20に対して3台のクライオポンプ10が接続されている。

【0024】運転制御装置30は、制御部として、各クライオポンプ10に対応してそれぞれ設けられた計6台のコントロールボックス31と、これらのコントロールボックス31に接続された1台のクライオポンプコントローラ32とを備えて構成されている。そして、このクライオポンプコントローラ32が、後述するように、本発明に係る評価手段としても用いられる。

【0025】クライオポンプ10は、図2および図3にも示すようにG-M（Gifford-McMahon）サイクル冷凍機からなる冷凍ユニット51を備えている。そして、この各冷凍ユニット51に対してコンプレッサ20から作動ガス（冷媒ガス）であるヘリウムガスを供給し、またコンプレッサ20に戻すための配管21、22が設けられている。

【0026】また、クライオポンプ10には、図2にも示すように、パージガスの供給用および排気用の配管11、12が接続されるとともに、粗引き排気用の配管13が接続されている。これらの各配管11～13は、各クライオポンプ10に対して分岐して設けられており、各分岐配管部分には、流路を開閉するバルブ14～16が各クライオポンプ10に対応して設けられている。

【0027】具体的には、各配管11、12には、コントロールボックス31で制御される電磁弁14、15が設けられ、配管13には、駆動用圧縮ガスで作動される空気式弁16が設けられている。この際、駆動用圧縮ガスは、コントロールボックス31で制御される電磁弁17によって供給される。また、配管13には空気式弁16を挟んで第1および第2の圧力計18、19が設けられ、この圧力計18、19からの信号はコントロールボックス31を介してクライオポンプコントローラ32に伝達されている。

【0028】また、各コンプレッサ20も、コントローラ32を介してクライオポンプコントローラ32で制御されている。

【0029】各クライオポンプ10に設けられた冷凍ユニット51は、図3、4に示すように、第1段冷却部（ファーストヒートステーション）52と、この第1段冷却部52の上部に設けられ、かつ第1段冷却部52よりも低温となる第2段冷却部（セカンドヒートステーション）53とを備えている。

【0030】第1段冷却部52の上端外周部には、ニッケルメッキで表面処理された放熱遮蔽部材である有底筒状のラジエーションシールド60が取り付けられており、このラジエーションシールド60の上方の開口部には、70～100K程度に冷却される第1クライオパネル面を形成するためのバッフル61が取り付けられ、このラジエーションシールド60で第2段冷却部53が囲まれている。

【0031】一方、第2段冷却部53には、10～20K程度に冷却される第2クライオパネル面を形成するためのコールドパネル62が取り付けられ、コールドパネル62には、10～20K程度では十分に凝結されない気体を吸収排気するための粒状のチャコール63が貼設されている。そして、各冷却部（ヒートステーション）52、53、およびラジエーションシールド60等の各部材全体は、ステンレス製の真空チャンバ64内に納められている。

【0032】第1段冷却部52および第2段冷却部53には、図4に示すように、それぞれ第1および第2の温度センサ35、36と、第1および第2の加熱装置であるヒータ37、38とが取り付けられている。温度センサ35、36としては、例えば熱電対やシリコンダイオードセンサなどからなる極低温用温度センサが用いられ、その測定データは、各コントロールボックス31を介してクライオポンプコントローラ32に伝達されている。

【0033】また、ヒータ37、38は、パイプ等で被覆された電線などからなるシース型ヒータなどが用いられ、前記各コントロールボックス31を介してクライオポンプコントローラ32で制御されている。これらのヒータ37、38のうち、第1段冷却部52側のヒータ37には、クライオポンプ10の実運転中に、0（無負荷）～15W程度の熱負荷（消費電力に同じ）が一定周期で繰り返し入力され、第2冷却部53側のヒータ38には、クライオポンプ10の実運転中に、0（無負荷）～6W程度の熱負荷が一定周期で繰り返し入力され、これによって各冷却部52、53の冷却温度を調整したり、あるいは、クライオポンプ10が設置される例えばスパッタリング装置（図示せず）内の真空度の調整、およびスパッタリング装置の動作サイクルに合わせて再生を行っている。

【0034】なお、前記クライオポンプ10および各配

管11～13のバルブ14～17等でクライオポンプユニット1が構成されている。また、図示を省略するが、通常クライオポンプ10とスパッタリング装置との間にも仕切弁が設けられており、クライオポンプ10のみを真空にすることが可能である。

【0035】クライオポンプコントローラ32は、電話回線などの適宜な通信回線およびモデム等からなる通信手段を利用してホストコンピュータ33にオンラインで接続されている。このホストコンピュータ33は、例えば、工場の生産ライン等において、クライオポンプコントローラ32で制御される1セット（6台のクライオポンプ10）を、複数セット配置している場合、つまり複数のクライオポンプコントローラ32が設けられている場合に、これらの各セットをそれぞれ統括して制御したり、全国の各地に配置されている各セットを統括して制御したり、さらには、クライオポンプメーカーに置かれることで、クライアント先の各クライオポンプ10を集中管理している。

【0036】このような本実施形態においては、ホストコンピュータ33あるいはクライオポンプコントローラ32を作動させ、各コントロールボックス31を介して各コンプレッサ20およびクライオポンプユニット1を実運転状態に駆動させる。そして、この実運転中にクライオポンプ10の性能評価を行う。

【0037】以下には、クライオポンプ10の評価方法について説明する。クライオポンプコントローラ32は、各コントロールボックス31を介し、それぞれのクライオポンプ10の実運転中における各冷却部52、53の温度を各温度センサ35、36によって測定する。具体的には、各ヒータ37、38へ入力される熱負荷は実運転中に前述のように変化するが、クライオポンプコントローラ32は、各ヒータ37、38への熱負荷が無負荷の時、すなわち第1のヒータ37への入力熱負荷 $W1=0W$ 、第2のヒータ38への入力熱負荷 $W2=0W$ の時を検出し、この時毎に各冷却部52、53の温度を測定温度 $K1$ 、 $K2$ として測定する。そして、この測定温度 $K1$ 、 $K2$ は、クライオポンプコントローラ32内に設けられたRAM等の記憶手段に記憶される。

【0038】一方、前記記憶手段には、図5に示す温度・熱負荷曲線および図6に示す第2冷却部熱負荷特性に基づく数値データ、すなわち各冷却部52、53の基準温度 $k1$ 、 $k2$ とこれに対応した各ヒータ37、38の基準熱負荷 $w1$ 、 $w2$ の数値データが記憶されている。これらの数値データは、クライオポンプ10が良好な性能状態の場合に得られるデータであり、従って、各図のグラフは、クライオポンプ10が本来有する性能曲線といてよい。また、特に図6は、第2のヒータの入力熱負荷 $w2$ に対する第2冷却部53の基準温度 $k2$ の特性であり、図5のグラフの左端部分に相当する。

【0039】そこで、クライオポンプコントローラ32

は、各ヒータ37、38の入力熱負荷 $W1=W2=0W$ を図5、図6の基準熱負荷 $w1$ 、 $w2$ に置き換え（ $W1=w1=0W$ 、 $W2=w2=0W$ ）、この時の数値データである基準温度 $k1$ 、 $k2$ と、実際の前記測定温度 $K1$ 、 $K2$ とを比較する。つまり本実施形態では、図5（一点鎖線参照）、図6に示すように、第1冷却部52の基準温度 $k1=50K$ と、実際の測定温度 $K1$ とを比較することになり、第2冷却部53の基準温度 $k2=10K$ と、実際の測定温度 $K2$ とを比較することになる。

【0040】比較の結果、測定温度 $K1$ と基準温度 $k1$ との差分および測定温度 $K2$ と基準温度 $k2$ との差分のうち、両方の差分が予め設定された管理限界内であれば、クライオポンプ10の性能は良好と評価され、その旨クライオポンプコントローラ32に表示される。反対に、少なくともいずれか一方の差分が管理限界を越えている場合には、クライオポンプ10の性能に異常があるか、あるいは近い将来に異常を起こすおそれがあると評価され、その越えた度合いに応じた警告をクライオポンプコントローラ32に表示したり、あるいはコントローラ32が警報等を発する。

【0041】なお、以上の一連の評価は、クライオポンプコントローラ32内のROM等に記憶された評価プログラムによって実行される。そして、この評価プログラムにより、特定のクライオポンプ10を選択的に評価したり、全てのクライオポンプ10を並行して評価することも可能である。また、前記管理限界は、クライオポンプ10の性能のばらつきや、各温度センサ35、36での測定誤差等を考慮して決められるが、それらの誤差分は温度にして、第1冷却部52では $\pm 5K$ 以下、第2冷却部53では $\pm 3K$ 以下である。

【0042】ところで、各測定温度 $K1$ 、 $K2$ 、比較結果（差分の具体的な数値）、および評価結果などは、クライオポンプ10を評価する度に評価データとして記憶蓄積され、この蓄積は、例えば少なくとも、クライオポンプ10の性能が異常と評価されるまで行われる。そして、このような評価データは、クライオポンプコントローラ32やこれに接続されたホストコンピュータ33から出力可能であり、この評価データの時間経過に伴う傾向性を見ることで、クライオポンプ10のメンテナンス時期を予測している。また、評価データは、ホストコンピュータ33で集中管理され、ホストコンピュータ33を介して各工場（サイト）間やクライオポンプメーカーおよびクライアント間で共有され、互いにやり取りされる。

【0043】さらに、クライオポンプ10が異常と評価された時、異常に至るまでの評価データの履歴から、発生した異常が突発的なものか、あるいはメンテナンスを必要とするものかを予測している。例えば測定温度 $K1$ 、 $K2$ と基準温度 $k1$ 、 $k2$ との差分が時間経過に伴って上限の管理限界側に近づく傾向にあった場合、その



延長のように上限の管理限界を超えて生じた異常は、メンテナンスを必要とするものと判断され、逆に、そのような傾向があったにもかかわらず、下限の管理限界を著しく超えて生じた異常は、突発的なものと判断される。

【0044】このような本実施形態によれば以下のような効果がある。

1) クライオポンプ10を評価するにあたっては、各ヒータ37, 38の入力熱負荷 $W1$ ,  $W2$ に対する各冷却部52, 53の実際の測定温度 $K1$ ,  $K2$ と、良好な性能状態（本来の性能を有している状態）にある時の前記入力熱負荷 $W1$ ,  $W2$ に対する基準温度 $k1$ ,  $k2$ とを比較するだけでよいから、クライオポンプ10が設置されるスパッタリング装置等を真空にする必要がなく、評価に要する時間を格段に短縮できる。また、クライオポンプ10のみに係るパラメータで評価できるので、純粋にクライオポンプ10を評価でき、よって評価結果の信頼性を向上させることができるうえ、従来のような再評価を不要にできる。以上により、クライオポンプ10を迅速、かつ確実に評価できる。

【0045】2) クライオポンプ10の評価は、各ヒータ37, 38の入力熱負荷 $W1$ ,  $W2$ が無負荷の時の測定温度 $K1$ ,  $K2$ に基づいて行われるから、評価中のヒータ37, 38を容易に制御でき、各冷却部52, 53の温度をより安定させて測定温度 $K1$ ,  $K2$ のばらつきを減少させることができる。

【0046】3) クライオポンプ10の評価は、クライオポンプ10の実運転中を利用して行われるので、評価のための評価運転をわざわざ行う必要がなく、生産ラインを止めずに効率よく評価できる。

【0047】4) また、クライオポンプ10の評価データを蓄積し、この評価データの時間経過に伴う傾向性から、クライオポンプ10のメンテナンス時期を予測するため、クライオポンプ10の性能がいずれの時期に実運転に支障を来すに至るかを把握でき、メンテナンスの時期を的確に予測できる。

【0048】5) さらに、測定温度 $K1$ ,  $K2$ と基準温度 $k1$ ,  $k2$ との比較の結果、クライオポンプ10が異常状態にあると評価された場合には、評価された時点までの評価データの履歴に基づき、異常状態が突発的なものか、あるいはメンテナンスの必要性を意味するものかを予測するので、クライオポンプ10の異常状態が如何なる理由に起因するものかを確実に予測でき、異常状態を解除するための手だてを早急かつ的確に講じることができる。

【0049】6) クライオポンプ10は複数台設置されているとともに、各クライオポンプ10の評価データをホストコンピュータ33で集中管理したり、オンラインで当該集中管理元と各クライオポンプ10の設置先との間で評価データをやり取りするため、工場内、あるいは会社内に設置されたクライオポンプ10を全て効率よく

管理でき、さらには、ディーラー（メーカー）とクライアントとの間で評価データを双方で共有でき、異常時に迅速に対応できる。

【0050】〔第2実施形態〕次に、本発明の第2実施形態に係るクライオポンプ10の評価方法を説明する。前記第1実施形態での評価方法は、測定温度 $K1$ ,  $K2$ と基準温度 $k1$ ,  $k2$ との比較によるものであったが、本実施形態の評価方法は、各冷却部52, 53の温度を一定に制御した場合の実際の入力熱負荷 $W1'$ ,  $W2'$ と、その温度を同様に一定に制御するための本来の基準熱負荷 $w1$ ,  $w2$ との比較に基づくものである。また、前記第1実施形態では、クライオポンプ10の評価が実運転中に行われたが、本実施形態では、実運転とは別に設定された評価運転中に行われる。なお、このような評価運転は、生産ラインの停止日等にクライオポンプコントローラ32内の評価プログラムを実行して定期的に行われる。

【0051】具体的には、クライオポンプコントローラ32は、各コントロールボックス31を介し、各冷却部52, 53の温度を任意な一定温度 $K1'$ ,  $K2'$ に制御し、その際の各ヒータ37, 38へ入力される実際の入力熱負荷 $W1'$ ,  $W2'$ を検出する。そして、この検出した入力熱負荷 $W1'$ ,  $W2'$ は、クライオポンプコントローラ32内の記憶手段に記憶される。

【0052】一方、この記憶手段には、図5に示すクライオポンプの温度・熱負荷曲線に基づく基準温度 $k1$ ,  $k2$ 、基準熱負荷 $w1$ ,  $w2$ の数値データが記憶されている。

【0053】そこで、クライオポンプコントローラ32は、一定温度 $K1'$ ,  $K2'$ を図5の基準温度 $k1$ ,  $k2$ に置き換え、この時の数値データである基準熱負荷 $w1$ ,  $w2$ と、実際の入力熱負荷 $W1'$ ,  $W2'$ とを比較する。つまり例えば、第1冷却部52を64 K、第2冷却部53を17 Kに一定に制御する場合でいえば、一定温度 $K1' = 64 \text{ K} = k1$ ,  $K2' = 17 \text{ K} = k2$ となるから、その時の基準熱負荷は、図5（二点鎖線参照）に示すように、第1のヒータ37の基準熱負荷 $w1 \approx 4 \text{ W}$ 、第2のヒータ38の基準熱負荷 $w2 \approx 5 \text{ W}$ となり、これらの基準熱負荷 $w1$ ,  $w2$ と実際に検出された入力熱負荷 $W1'$ ,  $W2'$ とを比較することになる。

【0054】比較の結果、入力熱負荷 $W1'$ と基準熱負荷 $w1$ との差分および入力熱負荷 $W2'$ と基準熱負荷 $w2$ との差分のうち、両方の差分が予め設定された管理限界内であれば、クライオポンプ10の性能は良好と評価され、その旨クライオポンプコントローラ32に表示される。反対に、少なくともいずれか一方の差分が管理限界を越えている場合には、クライオポンプ10の性能に異常があるか、あるいは近い将来に異常を起こすおそれがあると評価され、その越えた度合いに応じた警告をクライオポンプコントローラ32に表示したり、あるいは



コントローラ32が警報等を発する。

【0055】また、各入力熱負荷 $W1'$ 、 $W2'$ 、比較結果（差分の具体的な数値）、および評価結果などは、クライオポンプ10を評価する度に評価データとして記憶蓄積され、このような評価データは、ホストコンピュータ33等を用いて前期第1実施形態と同様に扱われる。

【0056】このような本実施形態によれば、以下の効果がある。

7) 各冷却部52、53の温度を所定温度（例えば前記 $K1'$ 、 $K2'$ ）に一定に制御し、その際の各ヒータ37、38の実際の入力熱負荷 $W1'$ 、 $W2'$ と、同様な温度条件にある各ヒータ37、38の本来の基準熱負荷 $w1$ 、 $w2$ とを比較するので、やはり、第1実施形態と同じように、クライオポンプ10が設置される装置を真空にする必要がなく、評価に要する時間を格段に短縮できる。また、クライオポンプ10のみに係るパラメータで評価されるので、純粋にクライオポンプ10を評価でき、よって評価結果の信憑性を向上させることができるうえ、従来のような再評価を不要にできる。

【0057】8) また、本実施形態では、クライオポンプ10の評価を実運転と分けて行うため、入力熱負荷 $W1'$ 、 $W2'$ の検出中に生産ラインが不意に停止するなどの心配がなく、クライオポンプ10の評価を生産ラインの稼働状況に左右されずに確実に行える。

【0058】その他、第1実施形態と同じ様に評価データを蓄積したり、あるいはオンライン接続されたホストコンピュータ33を用いることで、前述した4)～6)の効果を同様に得ることができる。

【0059】なお、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる他の構成等を含み、以下に示すような変形等も本発明に含まれる。例えば、前記第1実施形態では、各ヒータ37、38の入力熱負荷 $W1$ 、 $W2$ が無負荷（図5において、 $W1=w1=0W$ 、 $W2=w2=0W$ ）の時の測定温度 $K1$ 、 $K2$ に基づいて評価していたが、これに限らず、各ヒータ37、38の入力熱負荷 $W1$ 、 $W2$ を複数段階（例えば、図5において、 $W1=w1=0W$ 、 $5W$ 、 $10W$ 、 $15W$ 、 $W2=w2=0W$ 、 $2W$ 、 $4W$ 、 $6W$ ）に設定した状態で、これらに対応した測定温度 $K1$ 、 $K2$ と基準温度 $k1$ 、 $k2$ とを比較して評価してもよい。このような場合には、測定温度 $K1$ 、 $K2$ と基準温度 $k1$ 、 $k2$ とをより幅広い温度範囲にわたって比較でき、実運転に近い用いられ方での評価を行える。

【0060】一方、前記第2実施形態では、実運転とは別に設定された評価運転を行って評価していたが、例えば実運転中に各冷却部53、53を一定に制御する時期があれば、そのタイミングに合わせて入力熱負荷 $W1'$ 、 $W2'$ と基準熱負荷 $w1$ 、 $w2$ との比較に基づく評価を行ってもよい。反対に、第1実施形態のような測

定温度 $K1$ 、 $K2$ と基準温度 $k1$ 、 $k2$ との比較に基づく評価を評価運手中に行っても勿論よい。

【0061】また、前記各実施形態では、クライオポンプコントローラ32が本発明に係る評価手段であったが、この評価手段の機能を各コントロールボックス31やホストコンピュータ33に持たせてもよい。

【0062】さらに、前記実施形態では、1台のコンプレッサ20に対して3台のクライオポンプ10を接続していたが、1台のコンプレッサ20に対して1台あるいは2台、さらには4台以上のクライオポンプ10を接続してもよく、これらはコンプレッサ20の能力などを考慮して適宜設定すればよい。

【0063】また、コントロールボックス31を設けずに、各クライオポンプ10に直接クライオポンプコントローラ32を接続して制御してもよい。さらに、1台のクライオポンプコントローラ32が制御するクライオポンプ10の数も、前記実施形態の6台に限らず、1～5台あるいは7台以上でもよい。この制御対象台数は、クライオポンプコントローラ32の能力やクライオポンプ10の配置状態等に応じて適宜設定すればよい。

【0064】さらに、前記実施形態では、冷凍ユニット51がG-Mサイクル冷凍機であったが、本発明は、スターリングサイクル冷凍機や変形ソルベイサイクル冷凍機、およびパルス管式冷凍機を採用したクライオポンプにも適用できる。

【0065】

【発明の効果】このような本発明のクライオポンプの評価方法および評価装置によれば、一定の入力熱負荷に対する実際の測定温度と既知の基準温度とを比較したり、または、一定の温度に制御した場合における実際の入力熱負荷と既知の基準熱負荷とを比較するだけでよいかから、クライオポンプが設置される装置を真空にする必要がなく、評価に要する時間を格段に短縮できる。また、クライオポンプのみに係るパラメータで評価されるので、純粋にクライオポンプを評価でき、よって評価結果の信憑性を向上させることができるうえ、従来のような再評価を不要にできるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係るクライオポンプの評価装置を示す概略構成図である。

【図2】前記実施形態のクライオポンプの評価装置の詳細を示す図である。

【図3】前記実施形態のクライオポンプを示す一部破断の全体斜視図である。

【図4】前記実施形態のクライオポンプの要部を示す断面図である。

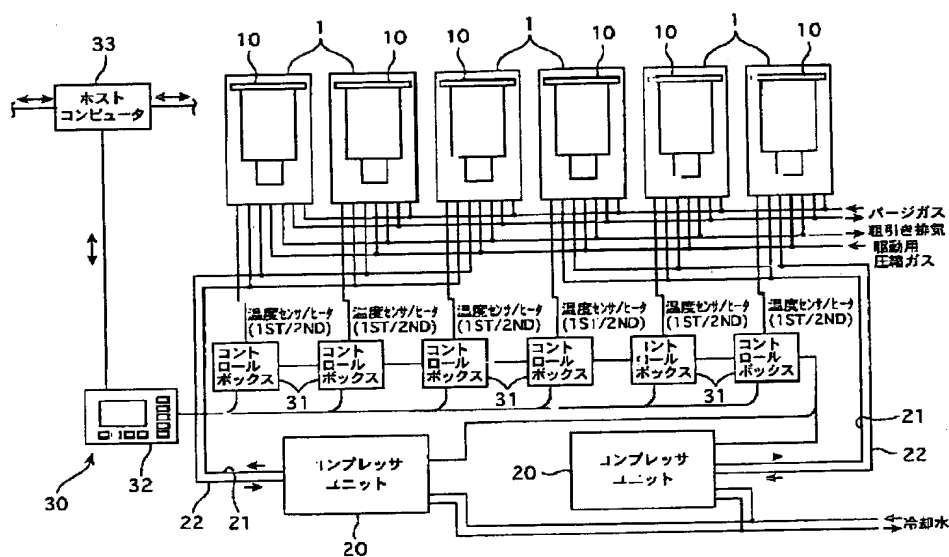
【図5】クライオポンプの温度と熱負荷との関係を示す図である。

【図6】クライオポンプの熱負荷特性を示す図である。

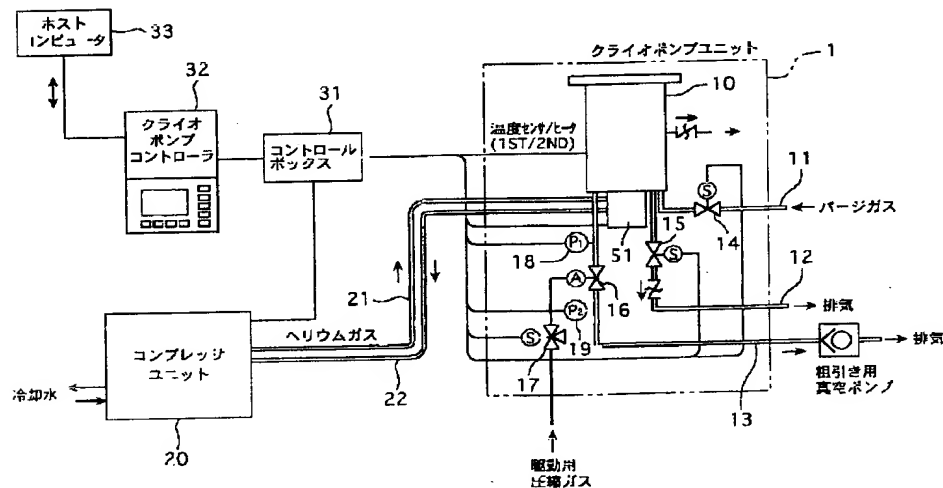
【符号の説明】

- 1 クライオポンプユニット
- 10 クライオポンプ
- 11～13 配管
- 14～17 バルブ
- 18, 19 圧力計
- 20 コンプレッサ
- 21, 22 配管
- 30 評価装置である運転制御装置
- 31 コントロールボックス
- 32 クライオポンプコントローラ
- 33 ホストコンピュータ

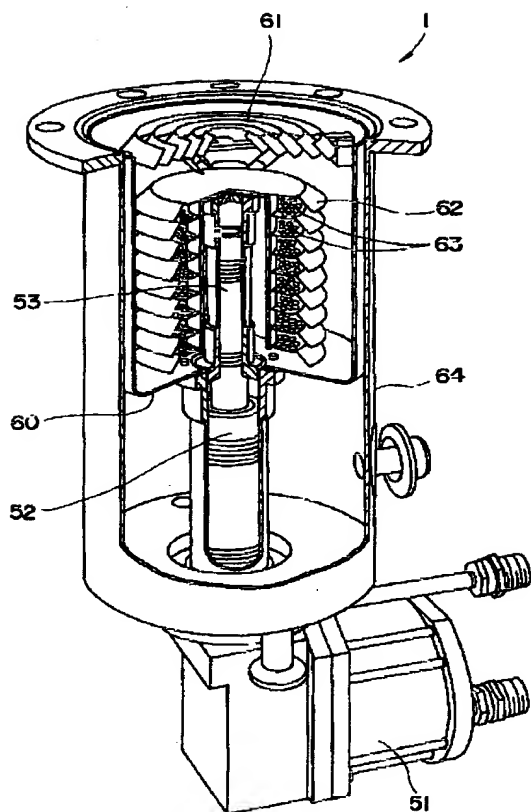
【図 1】



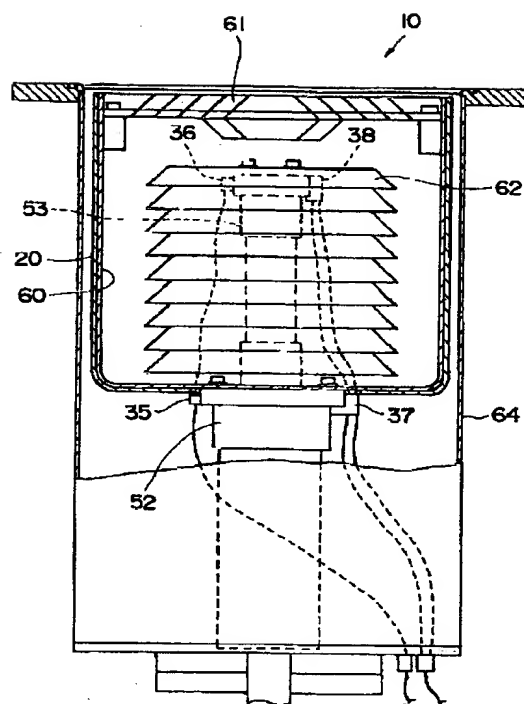
【图 2】



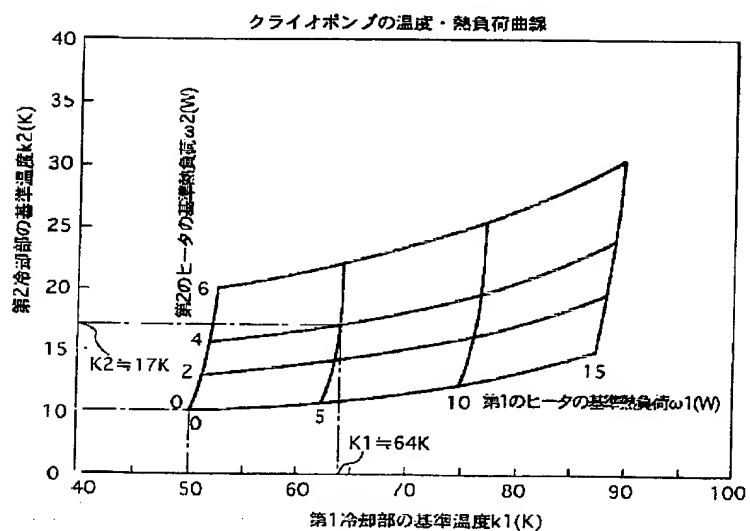
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

